E/CONF.39/A/200
29 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A.1

México

METODOS USUALES DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y FOTOGRAMETRICOS PARA LA FORMACION DE PLANOS

Por el Ing. Oscar BENASSINI,
Jefe del Departamento de Estudios
y Planeación

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

METODOS USUALES DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y FOTOGRAMETRICOS PARA LA FORMACION DE PLANOS.

Ing. Oscar Benassini
Jefe del Departamento de Estudios
y Planeación

1 - Preámbulo

Las dependencias gubernamentales de México, que intervienen en la ejecución de obras para servicio público, disponen de oficinas especiales encargadas de organizar y llevar a cabo los estudios topográficos encaminados a la investigación de los proyectos, que al ser realizados contribuyen al desarrollo económico del País.

Para planear toda obra de ingeniería, es indispensable disponer previamente de levantamientos topográficos adecuados que permitan obtener los elementos necesarios para hacer una representación gráfica del terreno en proyección horizontal, así como una o más en proyección vertical.

Los sistemas de levantamiento topográfico comprenden desde los métodos tradicionales de trabajo abrumador y meticuloso, hasta la aplicación de las innovaciones en instrumentos electrónicos combinados con los instrumentos topográficos tradicionales y la fotogrametría; pasando por los métodos en que se usa la fotogrametría en combinación con los sistemas primero mencionados.

Actualmente se está produciendo una transición gradual en los métodos tradicionales de trabajo, donde los ingenieros miden las distancias directamente con cinta en el terreno, abriendose paso a machete y hacha o indirectamente mediante triangulaciones, para calcular cuidadosamente la posición de puntos de control situados en las cimas de los cerros alrededor del área por levantar, pasando a los métodos modernos, basados en una técnica avanzada, que permiten realizar esta etapa del proyecto en mucho menor tiempo del que ordinariamente se requiere.

Sin embargo, debe considerarse que la aplicación de la fotogrametría, apoyada en puntos de control establecidos mediante instrumentos tradicionales o electrónicos, está limitada de acuerdo con el objetivo del levantamiento topográfico, de las condiciones del terreno y de la precisión requerida por el trabajo.

Para llevar a cabo cualquier levantamiento topográfico en los estudios de proyectos relacionados con obras para servicio público, es necesario hacer reconocimientos previos por métodos topográficos expeditos, para investigar la factibilidad de las obras.

2 - Levantamientos topográficos

Los factores determinantes para la elección del método topográfico que debe aplicarse en un levantamiento, son la finalidad y la escala de dibujo del plano,

que puede requerirse para los más diversos fines, como para determinar el área y la forma de un terreno, para proyectar una obra de ingeniería, para estudiar las modificaciones a una obra existente, para conocer la extensión y condiciones generales del terreno, etc, que obligan a usar determinados instrumentos y diferentes procedimientos de trabajo.

La etapa inicial de todo proyecto de ingeniería comprende los trabajos topográficos, que en términos generales incluyen el conocimiento del terreno en cuanto a su forma, orientación, dimensiones de los lados de su perímetro, área y altimetría o configuración del terreno, comprendiendo todos los detalles artificiales.

La topografía se aplica directamente en los siguientes trabajos de ingeniería: a) Catastro, b) vías terrestres, c) vías fluviales, d) obras de riego, e) -- obras para desarrollo hidroeléctrico, f) planificación, g) obras marítimas h) minería y trabajos subterráneos, i) trabajos en centros urbanos, etc.

a) Topografía catastral - Tiene por objeto inventariar las propiedades de una zona urbana o rústica en forma geométrica, es decir, obtener planos que proporcionen la forma, orientación, dimensiones de los linderos, área total de la propiedad y áreas parciales correspondientes a las porciones ocupadas por construcciones de diversas clases. Estos levantamientos sirven para que un perito valuador determine el valor del área total del predio, así como el valor de la porción construída. El levanta-- miento del perímetro del predio se apoya en una poligonal cerrada, la que a su vez queda ligada a otra poligonal de mayor extensión o bien a una triangulación.

En general, se establece una triangulación topográfica que comprende una - gran zona y en la cual se apoyan otras triangulaciones de menor extensión. En la - última de las triangulaciones se apoyan las poligonales de primer orden que sirven para apoyar otras poligonales de menor extensión. En la última poligonal se apoyan los perímetros de las propiedades.

En este caso se requiere unicamente planimetría y la precisión requerida - varía según el valor del terreno en cada zona.

b) Aplicación de la topografía a los problemas de vías terrestres y fluviales - Los trabajos consisten fundamentalmente en el trazo de vías que satisfagan las condiciones de pendiente, de sección transversal y de radio en las curvas, dentro de los límites que cada caso requiere. Los trabajos son realizados por un equipo de cinco ingenieros y topógrafos: un trazador, un operador del teodolito, un nivelador y 2 seccionadores.

Este grupo entra en acción partiendo de los datos obtenidos en el reconocimiento preliminar previamente realizado. El ingeniero trazador hace reconocimien-- tos más detallados entre los puntos que trata de ligar, recorriendo distintos itinerarios y recopilando datos del terreno que permitan determinar la ruta que debe estudiarse y que se identificará con señales puestas en los puntos elegidos, que más - tarde serán sustituidos por las diversas estaciones de teodolito que ligarán estos - puntos mediante poligonales abiertas, midiendo las distancias con cinta y llevando - el control de las observaciones angulares mediante orientaciones astronómicas. Detrás del ingeniero operador del teodolito, el operador del nivel recorre la poligonal trazada determinando el perfil de la línea y acotando los puntos que corresponden a las estacas de cada 20 m. Siguen a continuación los topógrafos destinados a la obtención de las secciones transversales del terreno, que se hacen en cada estaca y en dirección normal al lado de la poligonal. Las secciones abarcan una faja a ambos lados de la poligonal, cuya amplitud varía según la pendiente transversal del terreno y la situación de la línea de apoyo con respecto a la línea del proyecto.

Con los datos obtenidos se forman planos que comprenden el desarrollo total

de la poligonal e incluyen la faja de configuración del terreno formada con las secciones transversales y dentro de la cual se alojará la línea definitiva.

Con toda la información obtenida se hace una localización muy aproximada al trazo definitivo, proyectando las curvas y los tramos rectos, que se traza en el terreno rectificando los datos del proyecto que originalmente fueron tomados solo de los planos. Una vez recorrida la ruta en toda su longitud, tomando en cuenta las rectificaciones, se forman los planos definitivos del trazo, indicando también el perfil correspondiente.

c) Aplicación a proyectos de riego _ Cuando se trata de estudiar un proyecto de riego que incluya el control del río mediante una presa de almacenamiento, los trabajos se inician con el levantamiento topográfico del vaso o vasos localizados en un reconocimiento preliminar y que corresponden a los sitios aprobados para estudio. Para hacer el levantamiento se requiere establecer un apoyo o control que puede estar formado por vértices de triangulación, poligonales o cuadrícula, acotados con nivel montado y que sirven de apoyo para la configuración del terreno por métodos taquimétricos, ya sea con tránsito o con plancheta, incluyendo también la situación de poblados, linderos de propiedades, vías de comunicación, líneas de transmisión, y todos los demás detalles artificiales comprendidos en el levantamiento y que resultaran afectados.

La configuración del vaso permite obtener las capacidades y las áreas a diferentes alturas de embalse. Los datos obtenidos para determinar las afectaciones son con carácter preliminar, ya que al ser aprobado el proyecto éstas se levantan cuidadosamente por los métodos catastrales mencionados antes. Si mediante el reconocimiento preliminar se estima que las propiedades comprendidas en el vaso son de escaso valor, las poligonales de apoyo se hacen con teodolito y estadia, pues en este caso la finalidad del levantamiento prácticamente se limita a la determinación de la capacidad del vaso.

En cambio, si existen propiedades de alto valor el apoyo se debe trazar con teodolito y cinta y puede consistir, en el caso de terrenos poco accidentados, en una cuadrícula rectangular, y en el caso de terrenos accidentados, en un sistema de poligonales o una triangulación; pero cualquiera que sea la clase de apoyo que se use, las acotaciones deberán establecerse invariablemente con nivel fijo.

El levantamiento de la boquilla, incluyendo el sitio para alojar las obras de excedencias, de toma y de desviación del río, se hace con la suficiente amplitud y con la precisión que permita estudiar las estructuras en función de las condiciones topográficas. El apoyo del levantamiento se establece con teodolito y cinta, las acotaciones con nivel fijo y las cotas del terreno se obtienen con la precisión de la estadia pero detallando los accidentes cuando menos cada 10 m, 20 m ó 40 m, según se trabaje en escalas 1:500, 1:1 000 ó 1:2 000, respectivamente, que dependen del área que cubra la boquilla.

En los levantamientos de sitios para presas derivadoras se aplica el criterio y la precisión del caso anterior.

Para la localización del canal de conducción, que lleva las aguas de la fuente de abastecimiento a los terrenos de riego, se procede en forma semejante a la descrita para el trazo de vías fluviales.

El levantamiento topográfico de los terrenos regables se apoya en líneas trazadas con teodolito y cinta, o bien en una triangulación de primer orden combinada con poligonales o cuadrícula.

La orografía del territorio mexicano limita la extensión de los núcleos agrícolas, que en general no cubren grandes extensiones, son de forma alargada y se

extienden en forma que impiden hacer levantamientos topográficos sistemáticos apoyados en cuadrículas convergentes, que correspondan aproximadamente a arcos de paralelo y meridiano geográficos. Este método es ideal, no deforma las figuras y el apoyo horizontal es completo, dejando de ser práctico en latitudes próximas al Ecuador al reducirse mucho la convergencia de meridianos.

En México los levantamientos se apoyan generalmente en cuadrículas rectangulares, acostumbrandose que uno de los ejes principales coincida con el meridiano que pasa por el origen y el otro eje se establece normal a aquél, prolongándose ambos en los dos sentidos hasta cubrir el área por levantar. En estos ejes se apoyan líneas normales cada 5 ó 10 Km que al ser prolongadas se cruzan permitiendo comprobación del cierre lineal. Apoyándose en las líneas que son normales al eje meridiano, se trazan líneas normales cada kilómetro, sirviendo la línea opuesta para control del cierre lineal. Todas las líneas se monumentan cada kilómetro, y los cruces de los cuadros, múltiplos de 5 Km, se perpetuan con monumentos de tipo grande, debidamente referenciados.

A lo largo de las líneas de la cuadrícula se corren nivelaciones, pasando niveles por todo el estacado y utilizando los monumentos de cada kilómetro como puntos de cota fija o bancos de nivel. Posteriormente se hace la configuración, con teodolito o plancheta, según que el terreno esté cubierto o no con vegetación. Además se levantan los poblados, vías de comunicación y en general todos los detalles que estén situados en el terreno. Estos levantamientos se hacen en escala 1:5 000 y después se forman conjuntos en escala 1:10 000, 1:20 000 ó 1:50 000, según la extensión, características topográficas y detalle del terreno. Generalmente los planos de proyectos de riego se hacen en escala 1:20 000 y se forman conjuntos en escala 1:50 000, en la inteligencia de que previamente se hicieron los estudios en las hojas de levantamiento, en escala 1:5 000, con la precisión que se consigue a esta escala.

En la serie de planos mencionada se hace el estudio de los sistemas de conducción, distribución, de las aguas, así como los de drenaje y caminos de servicio. La localización del canal principal, dentro de la zona de riego se hace preliminarmente en los planos en escala 1:5 000, para después proceder como se indicó en páginas anteriores; así mismo, las redes de distribución y de drenaje estudiadas se trazan en el terreno haciendo las correcciones y ajustes necesarios para que el funcionamiento de las obras sea el previsto.

d) Aplicación a proyectos hidroeléctricos - Considerando que estos proyectos se desarrollan a base de aprovechar las aguas de una corriente, ya sea previamente controladas mediante presas de almacenamiento o derivando aguas permanentes, los trabajos topográficos se reducen a los ya explicados, con la salvedad de que en este caso cambia el criterio para la localización de los almacenamientos, ya que se procura que queden localizados en las zonas altas de las cuencas con objeto de aprovechar la ventaja que proporcionan las fuertes pendientes y en consecuencia lograr grandes desniveles con poco desarrollo en las conducciones, ya sean en túnel o canal abierto, para formar el salto que requiere esta clase de proyectos y del cual puede depender su factibilidad cuando los recursos de agua son escasos.

El estudio de las líneas de transmisión que llevan la energía de las plantas a los centros de consumo; se hace por métodos topográficos, aplicando el criterio general ya descrito para estudiar rutas, pero sin el problema de limitación en las pendientes. En términos generales el problema consiste en localizar la línea cerca de las vías de comunicación que servirán de acceso para transportar los materiales necesarios para construir la línea y conservarla. En este caso es suficiente la precisión que da la taquimetría, instalación de las torres en el terreno.

e) Otras aplicaciones - En general en todos los casos se aplican los mismos princi

pios de planimetría y altimetría, variando unicamente el criterio para la obtención de los elementos, de acuerdo con la finalidad del proyecto, que puede variar desde un estudio de obras portuarias, o un problema urbanístico, hasta un denuncio minero y los trabajos de explotación de la mina.

3 - Levantamientos por métodos fotogramétricos

La fotogrametría se empezó a aplicar en México a partir de 1926, cuando la extinta Comisión Nacional de Irrigación, antecesora de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, inició los levantamientos terrestres y aéreos encaminados al estudio de obras de riego. Se levantaron vasos, boquillas, fajas de terrenos para estudio de conducciones y zonas regables, que sirvieron para proyectar presas, canales de conducción y sistemas de riego. También se hizo el levantamiento de los Estados de Aguascalientes y Morelos. Uno de los aspectos más importantes de esta actividad, fué la preparación de un grupo de especialistas, que hasta entonces no existían en México.

Actualmente se hacen levantamientos fotogramétricos, especialmente aéreos, por diferentes aplicaciones y en los últimos años se han venido levantando con éxito más de 300 000 Ha de terrenos agrícolas, localizadas en la cuenca del río Pánuco, para estudio de los sistemas de conducción y distribución de las aguas destinadas al riego así como de los sistemas de drenaje y caminos complementarios.

En los trabajos que requieren una planimetría con riqueza de detalle, para fines de estudio catastral de una zona de riego o de un vaso de almacenamiento donde la propiedad tenga un alto valor, se usan mosaicos rectificados, que requieren puntos de control con la precisión que dá el teodolito y la cinta; y que aparecen en las fotografías. La sobreposición fotográfica es de 60% como mínimo y los puntos de control deben ser los suficientes para que aparezcan un mínimo de 3 en cada fotografía, en la inteligencia de que a mayor número de puntos de control es mas preciso el trabajo fotogramétrico. Los mosaicos rectificados son también de mucha ayuda en el levantamiento de ciudades, para la identificación de detalles catastrales; control de zonas urbanas, calles pavimentadas, banquetas y perímetros; y en general todos aquellos casos en que se requiere en los planos abundancia de detalle, para lo cual no existe otro procedimiento que supere a la fotografía del terreno. Los levantamientos fotográficos rectificados, solamente se hacen en zonas sensiblemente planas, ya que las elevaciones del terreno producen errores de consideración, siendo necesarios muchos puntos de control, así como de rectificaciones sucesivas de una misma fotografía, para obtener la verdadera posición en planta de los puntos elevados.

En cuanto a los métodos fotogramétricos que se aplican en los levantamientos topográficos para obtener planos con planimetría y altimetría, se requiere que los puntos de control marcados en el terreno y las elevaciones correspondientes se determinen con los instrumentos que den la aproximación de acuerdo con la precisión requerida por el problema.

Cuando se trata del estudio de vías terrestres de comunicación en una zona de topografía accidentada cubierta de monte, y carente de caminos de acceso, se establecen los puntos de control mediante una cadena de triángulos que cubren la faja de terreno entre los puntos que se desee ligar; las elevaciones de estos puntos se determinan mediante nivelación trigonométrica o barométrica. El procedimiento ideal para elegir los puntos de control es el de obtenerlos de las propias fotografías, después de realizados los vuelos.

En el caso particular del levantamiento topográfico por métodos fotogramétricos de los terrenos regables de la zona de Las Huastecas, donde se requieren planos con la precisión necesaria para estudiar los sistemas de canales de conducción y distribución de las aguas, se estableció en el terreno una cuadrícula rectangular con cuadros principales de 10 Km por lado; a continuación se trazaron en el interior de

los cuadros líneas paralelas al eje principal Norte-Sur, espaciadas cada 2.5 Km. Para el control vertical se niveló el estacado de las líneas de la cuadrícula, correspondientes a cada puesta de cinta de 50 m.

A continuación se hace la restitución de las fotografías para obtener planos a escala 1:5 000 con equidistancia de 1 m en las curvas de nivel, y conteniendo los detalles planimétricos que aparecen en las fotografías, así como la delimitación de las áreas cubiertas con bosque y plantaciones.

La configuración obtenida con los instrumentos de restitución se comprueba en el terreno trazando y nivelando una línea intermedia o transversal de la cuadrícula, con la misma precisión con que se estableció el apoyo y admitiendo una discrepancia que no exceda de 0.50 m de desnivel en los puntos comprobados en las curvas de nivel. Esta tolerancia se aplica en cualquier clase de terreno —plano o quebrado, con vegetación o despejado— y en caso de que las curvas de nivel que figuran en los planos no estén dentro de esta condición, se hace nuevamente el trabajo fotogramétrico correspondiente a la zona.

Este procedimiento dió resultados satisfactorios por las condiciones generales favorables que prevalecían durante los vuelos, que se realizaron en la temporada seca, cuando la vegetación está desprovista de follaje, permitiendo que las fotografías penetren hasta el suelo.

4 - Escalas que se usan según la finalidad del plano

Escalas: 1:50, 1:100, 1:200, se usan para tamaños chicos de lotes

Escalas: 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000, se usan para planos catastrales de detalle y conjunto; también para los planos de detalle de localización preliminar y definitiva en los estudios de vías de comunicación terrestre y canales de conducción para riego. La escala adoptada será la que corresponda a la extensión y precisión requeridas en el estudio topográfico.

Escalas: 1:5 000, 1:10 000, 1:20 000, se destinan a los levantamientos topográficos que cubren grandes extensiones. Para los planos catastrales de conjunto; para estudio y presentación de la planeación de un distrito de riego, incluyendo vasos de almacenamiento.

Escala 1:50 000, se aplican en los planos de conjunto de un distrito de riego de gran extensión.

Escalas 1:100 000, 1:200 000, tienen aplicación en los planos que se levantan por métodos geodésicos.

Escalas 1:500 000, 1:1 000 000, 1:2 000 000, se aplican en las cartas geográficas.

1201 S - Nov.1962 - 600